

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 24***

## **Análise da produtividade de grãos de três cultivares de arroz de terras altas: Características varietais e potenciais de produtividade**

Luís Fernando Stone  
Cleber Moraes Guimarães

Santo Antônio de Goiás, GO  
2006

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Arroz e Feijão**

Rodovia GO 462 - Km 12 - Zona Rural - Caixa Postal 179

75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO

Fone: (62) 3533 2123

Fax: (62) 3533 2100

www.cnpaf.embrapa.br

sac@cnpaf.embrapa.br

**Comitê de Publicações**

Presidente: *Carlos Agustín Rava*

Secretário-Executivo: *Luiz Roberto Rocha da Silva*

Membro: *Agostinho Dirceu Didonet*

Supervisor editorial: *Marina A. Souza de Oliveira*

Revisão gramatical: *Vera Maria T. Silva*

Normalização bibliográfica: *Ana Lúcia D. de Faria*

Capa: *Denise Xavier Lemes*

Editoração eletrônica: *Fabiano Severino*

**1ª edição**

1ª impressão (2006): 500 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Arroz e Feijão

---

Stone, Luís Fernando.

Análise da produtividade de grãos de três cultivares de arroz de terras altas : características varietais e potenciais de produtividade / Luís Fernando Stone, Cleber Moraes Guimarães. – Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2006.

16 p. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9571 ; 24)

1. Arroz – Características Agronômicas. 2. Arroz – Produtividade. I. Guimarães, Cleber Moraes. II. Título. III. Embrapa Arroz e Feijão. IV. Série.

---

CDD 633.18 (21. ed.)

© Embrapa 2006

# Sumário

Resumo .....	5
Abstract .....	6
Introdução .....	7
Material e Métodos .....	8
Resultados e Discussão .....	9
Conclusões .....	15
Referências Bibliográficas .....	15



# Análise da produtividade de grãos de três cultivares de arroz de terras altas: Características varietais e potenciais de produtividade

*Luís Fernando Stone<sup>1</sup>*

*Cleber Moraes Guimarães<sup>2</sup>*

## Resumo

Utilizaram-se dados de produtividade e de seus componentes, obtidos em experimentos conduzidos na Embrapa Arroz e Feijão, para comparar as características varietais e potenciais de produtividade das cultivares de arroz de terras altas Maravilha, Carisma e BRS Bonança. A produtividade foi decomposta em três componentes: ~~número de panículas~~  $m^{-2}$  (NP), de grãos por panícula (NGP) e massa dos grãos (MG). O valor máximo de cada componente, sob condições locais, é definido pelos valores dos componentes antecedentes. Esses valores estabelecem o nível de competição pelos recursos a que um componente é submetido. A competição começa além de um valor crítico (L) de NP. Uma curva limite superior, formada por uma reta horizontal e uma hipérbole, foi definida para cada componente em função de NP. A cultivar Maravilha apresentou maior produtividade máxima que as outras cultivares, devido aos maiores valores dos limites de competição e ao maior NGP máximo. O limite de competição L de um componente foi tanto mais baixo quanto mais tarde ele foi determinado no ciclo. Os valores limites para número de grãos por panícula e massa dos grãos das cultivares Maravilha, Carisma e BRS Bonança foram, respectivamente, 420 e 188,9 panículas  $m^{-2}$ , 330 e 155,4 panículas  $m^{-2}$  e 300 e 157 panículas  $m^{-2}$ . A produtividade máxima do arroz de terras altas pode ser alcançada em uma ampla faixa de densidade de panículas, a partir do limite de competição para a massa dos grãos. Abaixo desse valor, a produtividade correlaciona-se positivamente com NP, sem possibilidade de compensação.

Termos para indexação: *Oryza sativa*, limites de competição, panículas, grãos por panícula, massa dos grãos.

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Embrapa Arroz e Feijão, Rod. GO 462, Km 12, 75375-000 Santo Antônio de Goiás-GO. stone@cnpaf.embrapa.br

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fisiologia Vegetal, Embrapa Arroz e Feijão. cleber@cnpaf.embrapa.br

# Analysis of the grain yield of three upland rice cultivars: Varietal characteristics and yield potentials

---

## Abstract

*Data of grain yield and its components from experiments conducted at Embrapa Rice & Beans were used to compare the varietal characteristics and yield potentials of upland rice cultivars Maravilha, Carisma, and BRS Bonança. Yield was broken down into three components: number of panicles  $m^{-2}$  (NP) and of grains per panicle (NGP), and grain weight (GW). The maximum value for each component, under local conditions, is defined from the values that the previous components have reached. These values establish the competition level for resources that a growth component undergoes. Competition begins beyond a critical value (L) of NP. An upper boundary line was defined on the basis of NP for each component. It was formed by a horizontal line and a hyperbole. The cultivar Maravilha showed higher maximum grain yield than the other cultivars due to their higher values of competition limits and maximum number of grains per panicle. The latter in the cycle a component was determined, the lower the competition limit L. The limit values to number of grains per panicle and grain weight were 420 and 188.9 panicles  $m^{-2}$ , 330 and 155.4 panicles  $m^{-2}$ , and 300 and 157 panicles  $m^{-2}$  respectively to Maravilha, Carisma, and BRS Bonança cultivars. The maximum upland rice grain yield can be reached in a large range of panicle densities from grain weight competition limit. Below that value, grain yield is positively correlated to NP, without possibility of compensation.*

Index terms: *Oryza sativa*, competition limits, panicle, grains per panicle, grain weight.

## Introdução

O máximo valor que um componente da produtividade de grãos do arroz de terras altas pode alcançar, na ausência de fatores limitantes que não sejam a radiação e a temperatura prevalecentes na região, é assumido ser uma característica varietal para a região em estudo.

Os componentes da produtividade podem, entretanto, ser limitados pelas densidades populacionais, isto é, número de panículas ou de grãos por área, se essas forem suficientemente altas para causar competição por recursos. Por causa disso, o valor do primeiro componente, número de panículas  $m^{-2}$ , freqüentemente determina o valor máximo do componente seguinte e, finalmente, a máxima produtividade possível (Wey et al., 1998; Siband et al., 1999).

Quando ocorre a competição, os assimilados por unidade de área que contribuem para a formação de um componente da produtividade são divididos entre os elementos desse componente, isto é, entre panículas e entre grãos por panícula. O nível de competição entre esses elementos depende da sua população. A competição exercida entre panículas para estabelecer seu número de grãos por panícula é função do número de panículas por área. Para a massa dos grãos, a competição é exercida em dois níveis: entre panículas, o indicador é sempre o número de panículas por área, e intra panículas, competição entre os grãos que estão enchendo pela energia capturada por essa panícula, que é dependente do número de grãos por panícula. Um indicador do nível de competição total entre os grãos que estão enchendo é o produto dos dois termos, ou seja, o número de grãos por área.

Sob competição, pode ocorrer correlação negativa entre um componente da produtividade e aquele formado previamente. Wey et al. (1998) testaram um método para determinar os limites de competição dos componentes da produtividade que não exclui os efeitos de compensação entre esses componentes, mas eles não podem exceder a estrita compensação.

O conhecimento dos limites de competição dos componentes da produtividade é importante em estudos de modelagem, na comparação de cultivares

quanto à sua produtividade potencial, na determinação da densidade ideal de panículas, entre outros.

O objetivo deste trabalho foi, utilizando o método apresentado em Wey et al. (1998), comparar as cultivares de arroz de terras altas Maravilha, Carisma e BRS Bonança, quanto a características varietais e potenciais de produtividade.

## Material e Métodos

Os dados relativos à produtividade da cultivar de arroz Maravilha e seus componentes foram obtidos ao longo de três anos em um experimento sobre adubação nitrogenada, e os relativos às cultivares Carisma e BRS Bonança, em um experimento sobre preparo do solo, adubação nitrogenada e espaçamento entre linhas, conduzido por um ano. Todos os experimentos foram conduzidos em Latossolo Vermelho distrófico, sob irrigação suplementar por aspersão, na Fazenda Capivara, da Embrapa Arroz e Feijão, localizada no município de Santo Antônio de Goiás, GO.

Foram amostradas 281 parcelas com a cultivar Maravilha e 72 com cada uma das outras cultivares, sendo feita a contagem do número de panículas  $m^{-2}$  (NP) na colheita e a determinação direta da produtividade (PROD) e do teor de umidade dos grãos. A massa unitária média do grão (MG) foi obtida de um lote de 1000 grãos. As massas foram corrigidas para 13% de umidade. O número de grãos  $m^{-2}$  (NG) foi obtido pela divisão de PROD por MG e o número médio de grãos por panícula (NGP), pela divisão de NG por NP.

A produtividade foi expressa por:

$$PROD = NP \times NGP \times MG \quad (1)$$

As relações entre os seguintes pares de variáveis x e y foram examinadas: NP x NGP e NG x MG.

As linhas limites dessas relações consistem de uma linha horizontal seguida de uma hipérbole, formando uma curva envoltória. As correspondentes equações



foram calculadas após ajuste das linhas limites aos dados. A linha horizontal foi ajustada pelo ponto de maior valor do eixo das ordenadas ( $y_{\max}$ ). A hipérbole foi ajustada pelo ponto em que o produto das coordenadas  $xy$  foi máximo ( $xy_{\max}$ ).

Para cada componente, foi determinado o limite de competição (L):

$$L \equiv xy_{\max}/y_{\max} \quad (2)$$

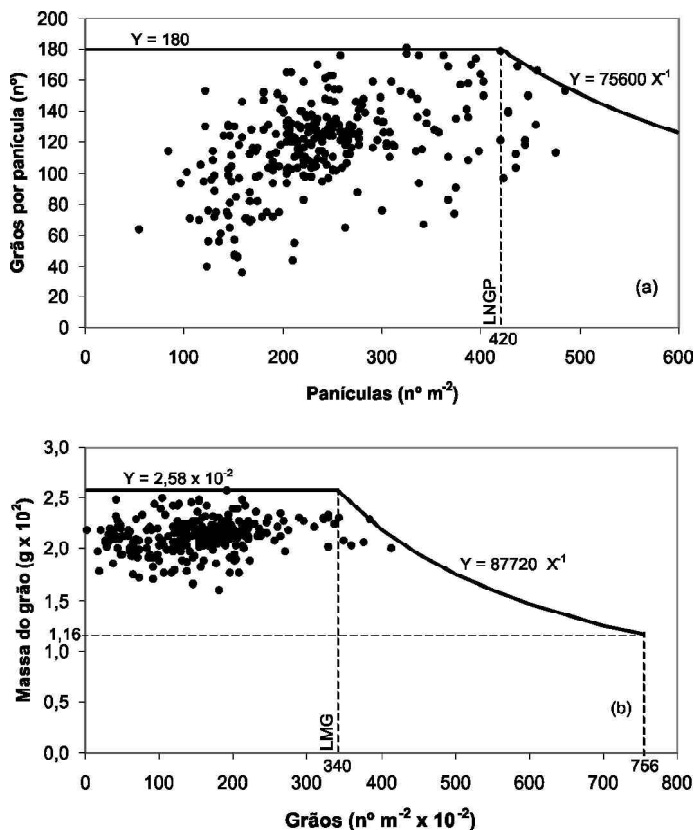
que é o ponto da abscissa correspondente à interseção entre a linha e a hipérbole. L foi calculado usando o conjunto de equações obtidas para os dois componentes da linha limite.

Foi assumido que o máximo valor de um componente é determinado pelos valores dos componentes estabelecidos previamente. O valor do primeiro componente (NP), portanto, estabeleceu o limite superior para o segundo e assim por diante. NP determinou NGP, e estes determinaram MG. O produto destes valores sucessivos determinou a produtividade de grãos máxima para cada valor de NP ( $Y_{M/NP}$ ). A maior produtividade máxima obtida ( $Y_{\max}$ ) foi considerada uma estimativa da máxima produtividade possível ( $Y_{\text{RAD}}$ ) em função da radiação e temperatura prevalecentes na região.

## Resultados e Discussão

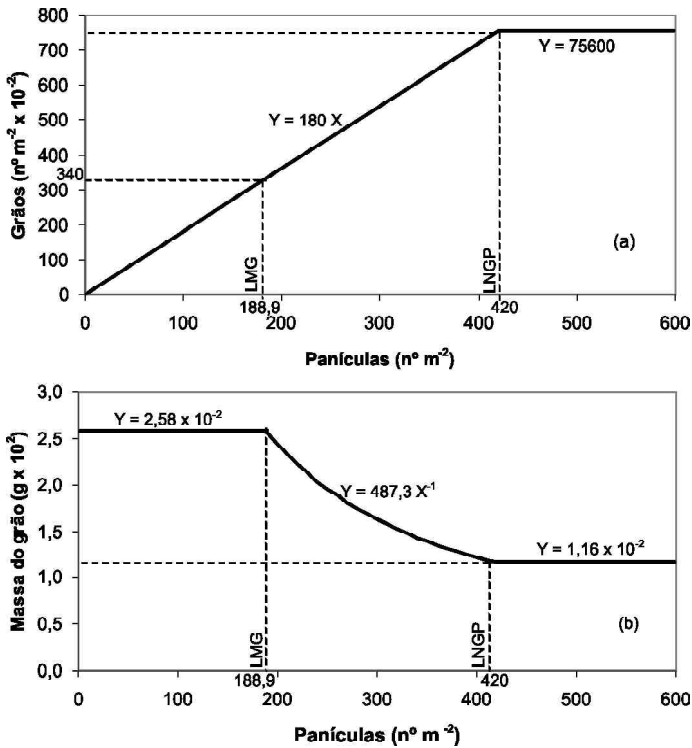
Podem ser observadas na Figura 1 as curvas envoltórias dos pares de componentes da produtividade e os limites de competição estabelecidos para o número de grãos por panícula (LNGP) e massa dos grãos (LMG) da cultivar Maravilha.

O número máximo de grãos por panícula, 180 (Figura 1a), é constante abaixo de 420 panículas  $\text{m}^{-2}$  (LNGP). De acordo com o modelo, NGP não pode exceder esse valor se o número de panículas aumentar mais. A máxima massa do grão foi igual a 0,0258 g (Figura 1b), sendo constante abaixo de 34.000 grãos  $\text{m}^{-2}$ . O valor mínimo da massa do grão foi de 0,0116 g, para uma população máxima de 75.600 grãos  $\text{m}^{-2}$ .



**Fig. 1.** Linhas limites das relações entre componentes da produtividade de grãos da cultivar de arroz Maravilha. L<sub>NGP</sub> - limite de competição para o número de grãos por panícula e L<sub>MG</sub> - limite de competição para a massa dos grãos.

A partir dessas relações, outras foram derivadas para descrever a relação de competição com NP. A relação de NG com NP na Figura 2a foi derivada da Figura 1a. Para um dado valor de NP, há um único valor máximo de NG correspondente. Baseado nisso, a relação do limite de competição LMG com NP foi calculada. O valor de NG no qual LMG é alcançado é indicado na Figura 1b; o valor de NP correspondente a esse valor de LMG é calculado da Figura 2a. Assim, o limite de competição entre os grãos LMG pode ser expresso não somente como uma função de NG, mas também como uma função de NP (Figura 2b), sendo a massa do grão máxima e constante abaixo da população de 188,9 panículas m<sup>-2</sup> (LMG).



**Fig. 2.** Expressão do limite de competição para o número de grãos por panícula (LNGP) e para a massa do grão (LMG), e do número de grãos  $\text{m}^{-2}$  e da massa dos grãos, como função do número de panículas  $\text{m}^{-2}$  da cultivar de arroz Maravilha.

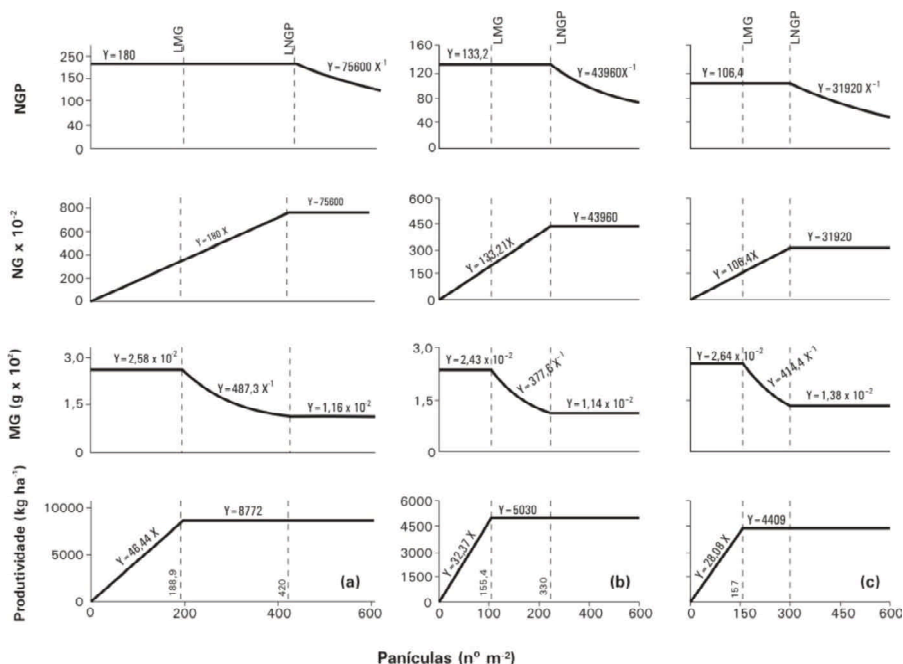
O mesmo procedimento foi realizado para as cultivares Carisma e BRS Bonança, obtendo-se valores do número máximo de grãos por panícula respectivamente iguais a 133,2 e 106,4. Os limites de competição para esse componente foram respectivamente iguais a 330 e 300 panículas  $\text{m}^{-2}$ . Os valores da máxima massa dos grãos foram respectivamente iguais a 0,0243 g e 0,0264g, sendo os limites de competição para esse componente iguais a 155,4 e 157 panículas  $\text{m}^{-2}$ .

Verifica-se que a cultivar Maravilha tolera mais competição, sendo seus limites de competição para número de grãos por panícula e massa dos grãos, respectivamente, 27% e 40%, e 22% e 20% mais altos que os das cultivares Carisma e BRS Bonança. Realmente, Breseghello (1998) recomenda que essa cultivar seja semeada em espaçamentos variando de 0,20 a 0,35 m, enquanto que o espaçamento recomendado para aquelas cultivares varia de 0,25 a 0,40 m.

As densidades limites estão relacionadas com o estágio de desenvolvimento no qual o componente da produtividade é estabelecido. O número de grãos por panícula é determinado quando o dossel está fechado e a demanda da planta por recursos externos é alta. O limite de competição para a massa dos grãos é ainda menor, indicando competição mais intensa. Isso pode ser devido à senescência progressiva da folhagem, que reduz a eficiência de utilização da radiação interceptada, causando aumento da competição por assimilados entre os grãos, devido à limitação do suprimento.

Verifica-se que abaixo de LMG não há competição entre plantas. O número de grãos por panícula e a sua massa unitária são independentes do número de panículas  $m^{-2}$ , com a qual a produtividade está relacionada linearmente (Figura 3). Entre LMG e LNGP, o número de grãos por panícula permanece constante, mas o número de grãos  $m^{-2}$  aumenta com o número de panículas  $m^{-2}$  enquanto a massa do grão decresce. A produtividade máxima não aumenta mais. Acima de LNGP, o número de grãos por panícula decresce com o aumento do número de panículas, a massa do grão e o número de grãos  $m^{-2}$  estabilizam, e a produtividade é constante. O platô da curva de produtividade corresponde ao maior valor máximo da produtividade, o qual teoricamente é igual a produtividade devida à radiação ( $Y_{RAD}$ ).

A produtividade máxima da cultivar Maravilha foi bem maior, 74% e 99%, do que a das cultivares Carisma e BRS Bonança (Figura 3), devido aos maiores valores dos limites de competição e ao maior número máximo de grãos por panícula, que foi 35% e 69% maior nessa cultivar do que naquelas, resultando em maior número de grãos  $m^{-2}$ , 75600 contra, respectivamente, 43960 e 31920. O comportamento das cultivares foi semelhante quanto à máxima massa dos grãos.

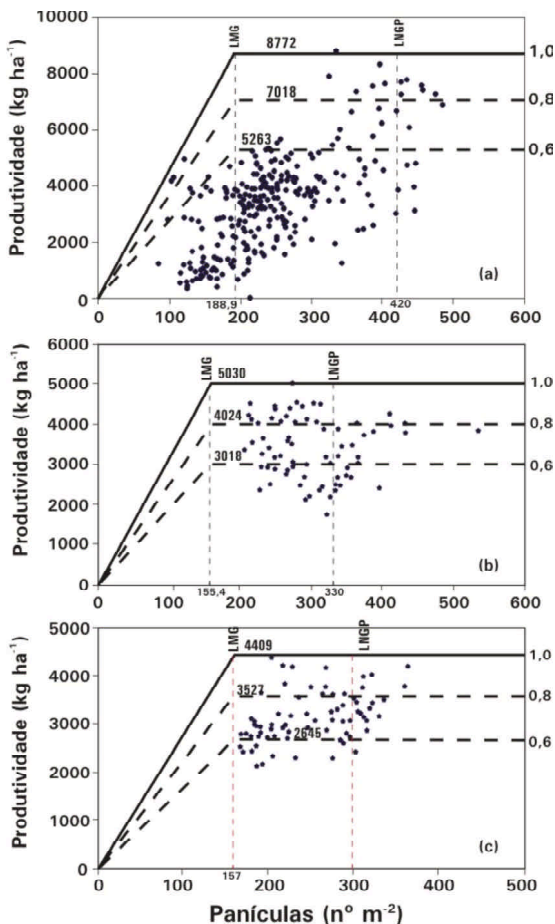


**Fig. 3.** Comportamento de vários parâmetros em relação ao número de panículas  $m^{-2}$  das cultivares de arroz de terras altas Maravilha (a), Carisma (b) e BRS Bonança (c). LNGP e LMG – respectivamente limite de competição para o número de grãos por panícula e para a massa do grão, NGP - número de grãos por panícula, NG – número de grãos  $m^{-2}$  e MG - massa dos grãos (g).

Existe grande plasticidade entre os componentes da produtividade de grãos do arroz, resultando em capacidade de compensação, o que faz com que a produtividade de grãos se mantenha estável em uma ampla faixa de densidade de panículas, como observado neste trabalho.

A curva calculada para a produtividade máxima a partir do número de panículas  $m^{-2}$  foi comparada com a produtividade observada (Figura 4). A nuvem de dados foi subdividida em setores de acordo com a redução relativa da produtividade em relação ao máximo ( $< 1,0$ ;  $< 0,8$ ;  $< 0,6$  de  $Y_{MAX}$ ) e os limites de competição. Verifica-se, para a cultivar Maravilha, que as produtividades compreendidas entre  $0,8 Y_{MAX}$  e  $Y_{MAX}$  situaram-se na faixa de 300 a 500 panículas  $m^{-2}$ . Para as cultivares Carisma e BRS Bonança, essa faixa foi de 200 a 400 panículas  $m^{-2}$ , ratificando a menor capacidade

de competição dessas cultivares. Para todas as cultivares, a maior produtividade e a maior concentração de altas produtividades situaram-se entre LMG e LNGP.



**Fig. 4.** Produtividades de grãos medidas e máximas calculadas das cultivares de arroz de terras altas Maravilha (a), Carisma (b) e BRS Bonança (c). Distribuição em relação aos limites de competição e à porcentagem de atingimento da produtividade teórica. LMG - limite de competição para a massa dos grãos e LNGP - limite de competição para o número de grãos por panícula.

## Conclusões

1. A cultivar Maravilha apresenta maior produtividade máxima que as cultivares Carisma e BRS Bonança, devido aos maiores valores dos limites de competição e ao maior número máximo de grãos por panícula.
2. Quanto mais tarde no ciclo for o período de formação do componente da produtividade do arroz, mais baixo é o número de panículas  $m^{-2}$  em que ele é submetido à competição.
3. Os valores limites para número de grãos por panícula e massa dos grãos das cultivares Maravilha, Carisma e BRS Bonança são, respectivamente, 420 e 188,9 panículas  $m^{-2}$ , 330 e 155,4 panículas  $m^{-2}$  e 300 e 157 panículas  $m^{-2}$ .
4. A produtividade máxima do arroz de terras altas pode ser alcançada em uma ampla faixa de densidade de panículas, a partir do limite de competição para a massa dos grãos. Abaixo desse valor, a produtividade correlaciona-se positivamente com o número de panículas  $m^{-2}$ , sem possibilidade de compensação.

## Referências Bibliográficas

BRESEGHELLO, F. Semeadura do arroz. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L. F. (Ed.). **Tecnologia para o arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. p. 55-58.

SIBAND, P.; WEY, J.; OLIVER, R.; LETOURMY, P.; MANICHON, H. Analysis of the yield of two groups of tropical maize cultivars. Varietal characteristics, yield potentials, optimum densities. **Agronomie**, Paris, v. 19, n. 5, p. 379-394, juin/juil. 1999.

WEY, J.; OLIVER, R.; MANICHON, H.; SIBAND, P. Analysis of local limitations to maize yield under tropical conditions. **Agronomie**, Paris, v. 18, n. 8/9, p. 545-561, oct./nov. 1998.

